

# CO<sub>2</sub> 激光标记中光学参数的计算

陈文彬, 唐崇洪, 仇宇斌

(华中理工大学激光研究所, 武汉 430074)

**摘要:** 激光标记技术是激光打标机从原理走向实际应用的基础, 在激光打标机一旦研制成功后, 激光打标机为装置上就剩下光学参数的选择, 本文给出了能量密度、焦距和物距之间的函数, 给出了具有实际意义的能量密度的函数模型, 对 CO<sub>2</sub> 激光标记技术光学参数进行了定量意义。

**关键词:** 激光打标; 光学参数

## The optical parameters computation for CO<sub>2</sub> laser marking system

Chen Wenbin, Tang Zhonghong, Qiu Yubin

Division of Laser, IASIT

**Abstract:** The laser marking has been rapidly developed because of its cheap and long life of the laser source. Marking quality depends on the optical parameters of the system. This paper discusses the relation among the system parameters, such as energy density, image length, focal distance, etc. The experimental results of the energy density distribution of some materials are listed. These results are useful for designing the optical system of laser marking system.

**Key words:** laser mark; optical parameter

### — CO<sub>2</sub> 激光标记系统

激光标记系统由激光器、透镜、反射镜组成, 激光器发出 10.6 μm 激光, 由透镜聚焦, 形成激光加工光斑上, 激光束中的光子携带了激光标记的能量信息, 与光学系统中的光子流, 因此, 激光光子流与物质(纸、金属等)的相互作用, 在加工工件表面, 形成工业所需的各种标记, 但是, 对于一定的材料表面, 能量密度及焦距的函数不同, 标记的能量密度不同, 因此, 有必要进行定量意义。



Fig. 1. Schematic diagram of laser marking system

## 二. 光学函数的计算

在 CCD 像元和坐标系中, 假定水平方向为像宽, 且认为像质是薄透镜, 则物距上满足了物像成像了位置是如下关系式<sup>[1]</sup>:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{l} + \frac{1}{l'} \quad (11)$$

像高和物高: 
$$h' = \frac{l'}{l} h \quad (12)$$

为了像定时: 
$$t = \frac{l'}{c} \quad (13)$$

$$l = \frac{f l'}{l' - f} \quad (14)$$

一般来讲, 像元间距中常用数值是像-透镜距离, 即  $l' = h, l' = f$ , 由(13)式和(14)式可以求得, 像元间距如下物距:



Fig. 1 Diagram of optical imaging

如图 1 所示, 设像元平面为  $AB$  平面上, 与上述像面像元平面为  $A'B'$ , 像高像宽为像元间距, 像空间一个平面点像空间只有一个平面与之成像, 在物坐标系中, 设像元平面和像面固定, 如果像元间距为像元平面, 且位于  $A'$  平面时, 则物距是像元的, 但实际像元可能像元间距工作表面到了  $A'$  平面, 此时  $A'$  平面上一个点距  $A'$  平面的距离不是一个点, 而是一个平面, 如果像元间距很小, 则物距可认为是像元小

于像元的微小平面为  $A'$  平面, 像元间距为平面的像, 则像元间距可认为是像元间距平面  $A'$  与像元平面  $A'$  的距离为像元间距<sup>[1]</sup>。

如图 1 可以得到,  $\triangle A'B'C' \sim \triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$ , 则

$$\frac{A'B'}{A'B} = \frac{A'C'}{A'C}$$

由 
$$A'B' = A'B + B'C' = 2h + 2h = \frac{2h}{f} l' = \frac{2h}{f} l' - 2h = \frac{2}{f} 2h \quad (15)$$

所以, 
$$\Delta = f - \frac{f l'}{f l' - f} = \frac{f}{f l' - f} \cdot 2h \quad (16)$$

像元间距像元时, 为了得到正确的空间感受而不发生像元的误差, 必须像元间距对像元间距与像元间距空间时, 对像元间距像元间距, 像元间距像元间距为像元间距像元间距, 则

$$h = A'B' - \Delta = A'B' - \frac{f}{f l' - f} \cdot 2h$$

由像元间距像元间距像元间距:

$$h = h - \frac{f}{f l' - f} \cdot 2h \quad (17)$$

式中  $\alpha$  为光轴与可移动的轴重合。

$$\text{将(10)式代入(11)式得: } \Delta z = \frac{f^2 \alpha^2}{1 - \alpha^2} + \frac{1}{\alpha^2} \quad (12)$$

$$\text{即得: } \Delta z = f^2 \alpha^2 + \frac{1}{\alpha^2} \quad (13)$$

由上式知,  $\Delta z = \frac{1}{\alpha^2}$ , 即物像尺寸最小, 此时物像距为  $2f$ , 成倒立的等大的实像或虚像, 这与光学系统中成像的物像距离相等。

设  $2f = 200\text{mm}$ ,  $f = 100\text{mm}$ ,  $\alpha = 0.5$  代入(13)式

$$\Delta z = \frac{2 \times 200^2 \times 0.5^2 + 100^2}{0.5^2} = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ 即 } \frac{1}{\alpha^2} = \frac{1}{0.25} \quad (14)$$

即得  $f = 100\text{mm}$ ,  $2f = 200\text{mm}$ ,  $\alpha = 0.5$  代入(13)式

$$\Delta z = 2 \times 100^2 + \frac{1}{0.25} = 4 \text{ 即 } \frac{f^2}{1 - \alpha^2} = 4 \text{ 即 } \frac{f^2}{\alpha^2} = \frac{1}{1 - \alpha^2} \quad (15)$$

由(15)式将(14)式可知, 当  $\alpha > 0.5$  时, 则于像面靠近物点, 像距变大, 在物平面靠近物平面时, 即  $\alpha < 0.5$ ,  $\Delta z > 4$ , 这是因为像平面与无像距离相等, 由(15)式可以证明, 物像距离相等, 成像是正像情况, 为了得到大的像距, 应使像距相等, 且使物像距离等于物点。

### 三、标记能量密度计算

在标记工作的表面测定能量的范围内不一定标记单元的标记, 因为工作的标记总是存在一个能量密度的值, 这个能量密度是相对于标记平面测量的, 所以才能得到准确的标记。

如图 2 所示为能量密度平均值, 激光输出能量为  $E_0$  (单位 J), 光束与物平面  $E = E_0 \cos^2 \theta$ , 得到能量, 即  $E$  的能量密度为:

$$E_0 = \frac{E^2}{1 - \cos^2 \theta} \quad (16)$$

式中  $\theta$  为激光束的偏转角。

如图 2 正好的标记与像距对应的能量平面上, 即  $\theta = f = \frac{f^2}{f^2 + z^2}$  得

$$E_0 = \frac{E^2 \cos^2 \theta - E^2}{\cos^2 \theta} \quad (17)$$

式中  $z$  为物面与像面的距离。

将(17)式两边平方得(18)式, 得

$$E_0^2 = \frac{E^2 - E^2}{1 - \cos^2 \theta}$$

在像光面物面及  $f^2 = \text{一定}$  时, 式(17)一定数, 证明  $E$  以  $f^2 = \text{一定}$ 。

标记的能量密度, 所以可以得出, 像面与物面使用是相互影响的, 点  $\theta > 0.5$  时, 能量密度与物距成正比, 能量与物距成正比, 得到准确的标记, 必须满足:

$$\begin{cases} E_0 \propto E_0 \\ f = \text{一定} \end{cases} \text{或 } f^2 = \text{一定}$$



Fig. 2 Scheme diagram of copying image lens

